

# 世界矿产资源概论

(试用教材)

胡明安 徐伯骏 编

中国地质大学(武汉)

二〇〇五年二月

# 课程简介

《世界矿产资源概论》(Introduction to Global Mineral Resources) 授课 60 学时，是一本试用教材。

世界矿产资源概论是一门综合性很强的本科生学习课程，是矿床学、矿产资源学、资源产业经济学、矿产资源管理学以及矿产资源可持续发展学等的一门交叉学科课程。

该课程阐述世界矿产资源开发利用的特征及其趋势；介绍全球黑色金属矿产、有色金属矿产、贵金属矿产、非金属矿产、能源金属矿产、稀有稀土放射性金属矿产及宝石玉石矿产资源的成因类型、时空分布规律、全球矿产资源概况、市场供求形势；分析我国以及世界主要工业国和资源国的矿产资源特点、矿产资源储备、矿产资源政策；研究全球矿山环境与保护；讨论世界矿产资源的合理利用、资源保护以及矿产资源的可持续发展。

授课对象主要是资源科学与工程专业本科生，地质类专业本科生，资源产业经济专业本科生，矿产资源管理专业本科生。

文中有些数字随着时间的推移会出现某些变化，而且，有些资料的来源出处不同，也会存在某些差别。

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第一章 绪 言 .....                  | 1  |
| 第一节 矿产资源的国际分类及我国分类 .....       | 1  |
| 一、矿产资源的种类 .....                | 1  |
| 二、矿产资源的分类 .....                | 2  |
| 第二节 世界矿产资源开发利用的特征及其趋势 .....    | 3  |
| 一、世界矿产资源开发利用的总特征 .....         | 3  |
| 二、矿产资源开发利用的趋势 .....            | 4  |
| 第三节 矿产资源的国际市场 .....            | 6  |
| 一、矿产资源国际市场的分类 .....            | 6  |
| 二、矿产资源国际市场的特点 .....            | 7  |
| 三、国际矿产资源市场营运过程中必须注意的几个问题 ..... | 7  |
| 第二章 世界矿产资源的时空分布 .....          | 9  |
| 第一节 全球成矿时期及其重要矿产 .....         | 9  |
| 一、前古生代成矿期 .....                | 9  |
| 二、古生代成矿期 .....                 | 9  |
| 三、中生代成矿期 .....                 | 10 |
| 四、新生代成矿期 .....                 | 10 |
| 第二节 全球成矿的地理分布特点—成矿分布系统 .....   | 11 |
| 一、地台区成矿系统 .....                | 11 |
| 二、古生代褶皱带成矿系统 .....             | 13 |
| 三、中、新生代褶皱带成矿系统 .....           | 14 |
| 第三节 世界矿产资源优势分析 .....           | 15 |
| 一、世界矿产资源优势评价 .....             | 15 |
| 二、成矿分布广度系数 .....               | 16 |
| 三、23 种主要矿产储量基础较多的国家 .....      | 17 |
| 第三章 黑色金属矿产 .....               | 18 |
| 第一节 铁矿资源 .....                 | 18 |
| 一、概述 .....                     | 18 |
| 二、世界铁矿资源的主要成因类型 .....          | 18 |
| 三、世界铁矿资源概况 .....               | 20 |
| 第二节 铬铁矿资源 .....                | 22 |
| 一、概 述 .....                    | 22 |
| 二、世界铬铁矿资源的主要成因类型及矿床实例 .....    | 22 |
| 三、世界铬矿资源概况 .....               | 23 |
| 第三节 锰矿资源 .....                 | 24 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 一、概 述.....                | 24 |
| 二、世界锰矿资源的主要成因类型.....      | 24 |
| 三、世界锰矿资源概况.....           | 26 |
| 第四章 世界有色金属矿产资源 .....      | 28 |
| 第一节 铜矿资源 .....            | 28 |
| 一、铜矿床的主要成因类型.....         | 28 |
| 二、世界铜矿资源及世界产铜大国.....      | 30 |
| 三、我国铜矿资源.....             | 32 |
| 第二节 世界铅锌矿产资源 .....        | 32 |
| 一、概 述.....                | 32 |
| 二、世界铅锌矿产资源的主要成因类型.....    | 33 |
| 三、世界铅锌矿产资源.....           | 35 |
| 四、我国的铅锌矿产资源.....          | 36 |
| 第三节 世界锑矿资源 .....          | 36 |
| 一、概 况.....                | 36 |
| 二、世界锑矿资源特点.....           | 37 |
| 三、国外主要产锑国家锑资源概况.....      | 39 |
| 四、我国的锑矿资源.....            | 41 |
| 五、世界锑矿床类型.....            | 42 |
| 六、世界锑矿床时空分布特征.....        | 43 |
| 第五章 世界贵金属矿产资源—金矿 .....    | 46 |
| 第一节 概 述.....              | 46 |
| 一、金的一般性质.....             | 46 |
| 二、黄金的用途.....              | 46 |
| 三、金在自然界中的赋存状态.....        | 47 |
| 第二节 世界金矿资源的主要成因类型.....    | 48 |
| 一、变质砾岩型金矿.....            | 48 |
| 二、变质热液型金矿.....            | 49 |
| 三、沉积变质型金矿.....            | 50 |
| 四、火山热液型金矿床.....           | 50 |
| 五、热水溶滤型金矿.....            | 51 |
| 六、砂金矿.....                | 52 |
| 七、伴生金矿.....               | 52 |
| 第三节 世界金矿资源 .....          | 54 |
| 第六章 世界宝石、玉石及彩石矿产资源 .....  | 56 |
| 一、宝玉石的定义.....             | 56 |
| 二、宝石玉石彩石的分类.....          | 57 |
| 三、世界宝玉石彩石矿产资源的主要成因类型..... | 58 |
| 四、世界宝石矿产资源概况.....         | 61 |
| 五、世界主要宝石、玉石及彩石矿产资源.....   | 65 |
| 第七章 世界非金属矿产资源 .....       | 77 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一节 概论.....            | 77  |
| 第二节 世界主要非金属矿产资源简介..... | 79  |
| 一、硫.....               | 79  |
| 二、磷矿资源.....            | 81  |
| 三、盐类.....              | 84  |
| 四、石墨.....              | 88  |
| 五、石棉.....              | 90  |
| 六、金刚石.....             | 93  |
| 第八章 世界能源矿产资源.....      | 96  |
| 第一节 石油和天然气资源.....      | 96  |
| 一、概述.....              | 96  |
| 二、石油和天然气矿产的用途.....     | 97  |
| 三、含油气盆地形成条件、类型及分布..... | 97  |
| 四、世界石油和天然气资源的分布特点..... | 99  |
| 五、世界石油和天然气资源和生产概况..... | 99  |
| 第二节 世界煤矿资源.....        | 102 |
| 一、概述.....              | 102 |
| 二、各类煤的特征和用途.....       | 104 |
| 三、世界煤炭储量及分布规律.....     | 105 |
| 四、世界煤资源及生产概况.....      | 106 |
| 第三节 世界铀矿资源.....        | 108 |
| 一、概述.....              | 108 |
| 二、铀的用途和铀矿工业指标.....     | 108 |
| 三、铀矿床的成因类型及分布情况.....   | 109 |
| 第九章 世界稀有、稀土金属矿产资源..... | 113 |
| 第一节 概论.....            | 113 |
| 第二节 世界稀有、稀土资源.....     | 114 |
| 一、锂矿资源.....            | 114 |
| 二、分散元素资源概况.....        | 116 |
| 第三节 稀土元素资源概况.....      | 121 |
| 一、概述.....              | 121 |
| 二、稀土元素的用途及工业品位要求.....  | 122 |
| 三、稀土资源的矿床类型及分布情况.....  | 123 |
| 四、世界稀土资源量及生产概况.....    | 124 |
| 第十章 我国的矿产资源.....       | 125 |
| 第一节 我国主要矿产资源概况.....    | 125 |
| 一、能源矿产.....            | 125 |
| 二、黑色金属与冶金辅助原料矿产.....   | 129 |
| 三、有色金属矿产.....          | 130 |
| 四、贵金属矿产.....           | 132 |
| 五、稀有金属和稀土金属元素矿产.....   | 133 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 六、非金属矿产(化工原料) .....         | 133 |
| 七、建材及其他非金属矿产 .....          | 134 |
| 八、水气矿产 .....                | 135 |
| 第二节 中国矿产资源富集区 .....         | 136 |
| 一、能源矿产 .....                | 136 |
| 二、金属矿产 .....                | 137 |
| 三、非金属矿产 .....               | 139 |
| 第三节 中国主要经济区的矿产资源开发战略 .....  | 142 |
| 第四节 中国矿产资源类型 .....          | 143 |
| 第十一章 世界主要工业国和资源国的矿产资源 ..... | 145 |
| 第一节 美国 .....                | 145 |
| 第二节 前苏联 .....               | 147 |
| 第三节 日本 .....                | 148 |
| 第四节 英国 .....                | 149 |
| 第五节 法国 .....                | 149 |
| 第六节 德国 .....                | 150 |
| 第七节 澳大利亚 .....              | 151 |
| 第八节 加拿大 .....               | 153 |
| 第九节 巴西 .....                | 154 |
| 第十节 南非 .....                | 156 |
| 第十一节 印度 .....               | 157 |
| 第十二节 沙特阿拉伯 .....            | 158 |
| 第十三节 扎伊尔 .....              | 158 |
| 第十四节 智利 .....               | 158 |
| 第十五节 秘鲁 .....               | 159 |
| 第十六节 越南 .....               | 159 |
| 第十二章 矿产资源与可持续发展 .....       | 161 |
| 第一节 世界上主要的资源类型 .....        | 161 |
| 一、概述 .....                  | 161 |
| 二、自然资源 .....                | 161 |
| 第二节 矿产资源的可持续发展 .....        | 168 |
| 一、问题的提出 .....               | 168 |
| 二、持续发展的定义 .....             | 169 |
| 三、可持续发展的目标 .....            | 170 |
| 四、可持续发展理论的三个基本原则 .....      | 171 |
| 三、矿产资源的可持续发展 .....          | 172 |
| 参考文献 .....                  | 177 |

# 第一章 绪 言

## 第一节 矿产资源的国际分类及我国分类

从石器时代、青铜器时代、铁器时代，到近代和当代建立在对矿产资源的开发利用上的工业化社会和现在正在进行的信息社会，人类历史上每一次社会生产力的进步都伴随着矿产资源利用的飞跃发展。人类在大规模利用矿产资源的基础上建立了高度繁荣的当代经济，创造了前所未有的文明。而且，在未来的经济发展和社会进步中，矿产资源依然是世界各国国民经济中十分重要的物质基础。自进入本世纪以来，尤其是在最近的一二十年中，人口、资源、环境已经成为国际社会关注的重大问题，其中资源问题，特别是以“不可再生性”为其显著特点的矿产资源又更是处于突出地位。人口的增长和经济的发展，都以矿产资源的巨大消耗为基础，这必然带来对矿产资源需求的增长，而矿产资源的开发与利用（尤其是不合理的利用）又相应地带来严重的环境问题。因此，资源、环境与人口，是当今世界各国共同关心的三大问题。

### 一、矿产资源的种类

矿产是指产于地壳中的能被国民经济所利用的矿物资源。按照矿产的性质和矿产的主要用途可以将其分为以下几类：

（一）金属矿产 从中可以提取金属原料的有用矿物资源，按照其工业用途又可以分为：

1、黑色金属矿产：如铁、锰、铬、钒、钛、镍、钴、钨、钼等；

2、有色金属矿产：如铜、铅、锌、锡、铋、锑、汞、铝、镁等；

3、贵金属矿产：如金、银、铂、钯、钨、铀、钼、铯等；

4、稀有金属矿产：如铌、钽、铍、锂、锆、铯、铷、锶等；

5、稀土金属矿产（ $\Sigma$ REE）：包括原子序数57-71以及39（钇）的16个元素，根据其地球化学性质和共生关系，分为如下两类：

（1）轻稀土金属矿产（铈族元素 $\Sigma$ Ce）：如镧、铈、镨、钕、钐（人造元素）、铕、钆等；

（2）重稀土金属矿产（钇族元素 $\Sigma$ Y）：如钇、钆、铽、镱、铈、铉、铊、镱、镱、镱等；

6、分散元素矿产：如锗、镓、铟、铊、镉、铋、铋、铋、铋等。

（二）非金属矿产 从中可以取得非金属元素或直接利用的矿物或矿物集合体。工业上除少数非金属矿产是用来提取非金属元素，如硫、磷之外，大多数非金属矿产是利用矿物或矿物集合体的某些物理、化学性质和工艺特性。例如金刚石大多是利用它的硬度和光泽；云母是利用其透明度和绝缘性；水晶是利用它的光学和压电性能等等。按照其工业用途可以分为：

1、冶金辅助原料：如萤石、菱镁矿、耐火粘土、白云石和石灰岩等；

2、化学工业原料：如磷灰石、磷块岩、黄铁矿、钾盐、岩盐、明矾石、石灰岩等；

3、工业制造原料：如石墨、金刚石、云母、石棉、重晶石、刚玉等；

4、压电及光学原料：如压电石英、光学石英、冰洲石和萤石等；

5、陶瓷及玻璃工业原料：如长石、石英砂、高岭土和粘土等；

6、建筑材料及水泥材料：如砂石、砾石、浮石、白垩、石膏、花岗岩、珍珠岩、松脂岩、大理岩等。

(三) 宝玉石材料 如金刚石、红宝石、蓝宝石、翡翠、硬玉、水晶、蛇纹石、叶蜡石、绿松石、玛瑙等。

(四) 可燃性有机岩矿产 指能够为工业和民用提供有机能源的地下资源，它们既是最主要的燃料，也是重要的化工原料。从化学成分的角度看它们主要由碳氢化合物组成，应该属于非金属矿产，但其形成条件和用途都与上述非金属矿产明显不同，因此可以单独列为一类。按照它们的物理状态又可以分为三类：

- 1、固体可燃性有机岩矿产：如煤、泥炭、石煤、油页岩、地蜡、地沥青等；
- 2、气体可燃性有机岩矿产：如天然气等；
- 3、液体可燃性有机岩矿产：如石油等。

## 二、矿产资源的分类

矿产资源的英文名称是Mineral Resources，它由三部分组成：矿产资源既包括在当前经济技术条件下可以开发利用的天然矿物质（储量）、也包括在今后几十年中能具有经济意义的天然物质资源，还包括根据地质理论推断可能存在的、具有经济价值的天然矿物质潜在资源，这三者之和即为人们常称的“资源总量”。根据矿产资源查明的程度和经济开发的可能性，它们又包括以下5个亚类：

1. 查明资源 (Identified Resources)：指已查明位置、质量、数量、有地质资料依据的矿产资源，它包括已探明的储量和查明资源。

2. 推测资源 (Hypothetical Resources)：指根据成矿地质条件或已经开采矿区资料，进行外推其存在，而目前又尚未发现的矿产资源。

3. 假想资源 (Speculative Resources)：指尚未发现矿产，只是根据地质条件在有利成矿的地区内有可能赋存的已知矿床类型的矿产资源，或有待于认识的未知型矿床的矿产资源。

假想资源和推测资源合称为“未发现资源”。

4. 次经济资源 (Subeconomic Resources)：指查明的矿产资源中，按现在的经济开发条件和法律、政治情况在目前不宜于开发的矿产资源，又称暂定资源。它又可分为“准边界资源”和“边界以下资源”二亚类。

5. 潜在资源 (Potential Resources)：指次经济资源、推测资源和假想资源的合称。

矿产资源的分类、各个国家、各个时期均不一样。为了便于国际间的资料交流、统计世界矿产资源，更好地从世界范围内来了解矿产资源，并提高它们的可比性，引导各国的合理开发与利用，联合国试图在各种矿产储量分类方案的基础上建立统一的世界分类系统。1979年在联合国总部，由自然资源、能源和运输中心组织，并由联合国秘书长召集的矿产资源定义和术语专家小组，推荐了一项矿产资源的国际分类系统。这个系统根据地质可靠程度，将矿产资源划分为三个基本级别：R-1、R-2、R-3。再根据社会经济条件，将这三个级别又进一步划分成若干亚类。

E亚级：在当前社会经济条件下能被合理开采利用的矿产资源。

S亚级：其他目前尚难利用，但在今后技术经济条件改变后，将成为有意义的矿产资源，即次经济的。

M亚级：预计在今后几十年内，在正常的技术经济条件下可供利用的矿产资源，一般在今

后20~30年内可供利用的矿产资源，即边界经济的。

我国的矿产资源分类，分为三类七个级别：即工业储量（A、B、C级）、远景储量（D级）和预测储量（E、F、G级）。

工业储量：是符合当前生产技术经济条件的矿产储量，又包括A、B、C三个级别，其中A级要求最为准确，最为严格。

远景储量：由于有益组分或矿物含量低、矿体厚度薄、矿山的开采技术条件或水文地质条件特别复杂，或对这种矿种的加工技术方法尚未解决，不符合当前生产技术、经济条件、工业上暂不能利用而将来可能利用的储量。用稀疏的勘探工程控制，达不到C级要求储量。

预测储量：包括E、F、G三级，实际应称为矿产“资源”，而达不到“储量”的级别。是作为部署评查、普查、1:5万区测、物化探等地质工作依据的矿产资源。

## 第二节 世界矿产资源开发利用的特征及其趋势

在人类现代历史中，两次世界大战的爆发，都有争夺矿产资源的因素。各国一方面为了确保矿产资源的供应，积极争夺殖民地，直至发动战争；另一方面又积极发展开发矿产资源的技术，推动了开发矿产资源的技术研究和技术进步。

### 一、世界矿产资源开发利用的总特征

人类进入现代社会以来，由于对矿物原料需求量的急剧增加，以及对各种矿物原料需求的多样化，从而促使开发矿业的科学技术迅速进步。另一方面，大规模的矿业开发引起了对自然界的破坏，也引起了人们对于矿产资源和生态环境保护的重视。世界矿产资源开发利用的总特征主要表现在以下5个方面：

1. 矿产资源开发的规模日益增大：开发地区遍及全球。如果说在第二次世界大战以前开发的矿山，大型矿山的能力达到年产数百万吨矿石的规模的话，现在开采规模达到年产数千万吨的矿山不再是少数。如露天采矿、二战前的装运汽车，至多也只有十几吨，而现在已较普遍采用100吨以上的装载汽车，且也研制出340吨的载重汽车。1936年全世界产铁矿石6250万吨，而1989年达 $9.67 \times 10^8$ 吨，增长10倍多。煤、石油、天然气、有色金属也都增长10至几十倍，大规模开采的地区从全世界的陆地至海洋环境。

2. 矿产资源种类的日益多样化：这主要是由于随着科学技术的飞速进步，具有工业价值的新的矿产资源不断被人们认识和开发。例如，中世纪以来世界将钢铁资源用于交通工具、各种机器和建材，因而铁矿资源得到发展。而进入20世纪以后，人类将古时仅作为防腐剂、粘剂和防水剂的石油，作为重要的能源迅速发展起来。随着科技水平的提高，人类社会的进步，除了传统的黑色金属、有色金属矿产外，其他如化工矿产、建筑材料矿产，宝石玉石彩石矿产、特种非金属矿产、放射性矿产等等，也根据社会的需要、技术的可能性和经济上的合理性而获得了很大的发展。作为生物保健矿产资源的麦饭石等药石矿产等也正在兴起，目前世界上已利用的矿产资源种类多达150余种。

3. 科学技术和装备水平的提高促进现代世界矿业的开发水平：世界上资源开发水平总是与技术发展水平密切相关的。世界矿产资源开发的现代化水平正不断提高，如果说二战前后的找矿勘探工作主要还是靠地质锤、罗盘、放大镜的话，而现代找矿勘探工作已经发展到用地面和航空物化探仪器、遥感技术和电子计算机处理技术；现代化的采矿、选矿，也向着生

产规模的大型化、生产过程的自动化、控制系统的电子计算机程序化方向发展，现代矿产工业与现代科学技术现代装备密切结合。这样，随着找矿勘探技术和矿山开发技术水平的提高，新的矿产资源不断被发现，过去无法利用的资源，现在成为或即将成为未来矿产资源的主要来源。例如利用航空地质和遥感地质，加速了澳大利亚哈默斯利铁矿资源以及南美智利等国斑岩铜矿的找矿勘探工作。随着大型采选设备、以及自化设备的应用，使原先不宜于利用的品位低但储量十分巨大的前寒武纪变质铁矿（鞍山式）和斑岩铜矿，成为现代Fe、Cu资源的主要来源。同时可以预见，在不久的将来，随着深海开发技术的提高，目前尚属不宜于利用的“潜在资源”的海洋锰结核，不久将成为Mn、Ni、Co、Cu的主要来源的，而稀有金属的开发其增长速度可望超过一般常用金属。

4. 矿产资源的国有化与积极引进外资外国技术：二战前，世界矿产资源开发利用的最大特点乃是帝国主义列强依靠武力作后盾，强行分割殖民地实行掠夺式的开发。二战以后各殖民地纷纷独立，为了发展自己本国的国民经济，都实行各自的工业化计划，这就首先要求保护和开发本国的矿产资源。那些发展中的国家相继实行了矿产资源的国有化政策，以及主要矿产资源禁止出口的法律，尤其是对于那些被称为“战略物质”的矿产资源更是严禁出口。这就影响了像法国、英国、德国、日本国这样的矿产资源贫乏的发达国家矿产资源的供给。矿产资源的供应紧缺以及相应的矿产资源政策，迫使日本一方面加强对外扩张、侵略，以掠夺所需要的矿产资源，另一方面迫使日本高度重视科技水平的发展，应用科学的高度进步，以换取所需要的矿产资源。这样，矿产资源政策左右了日本的国民经济。但对于那些发展中的国家，他们苦于技术落后和资金缺乏，为了加速本国矿产资源的探查和开发，仍需要从发达国家引进技术和资金，与之签订相应的协定，实行补偿贸易和合资开发等形式，以较为优越的条件来吸引外资、外国技术，以开发利用本国的矿产资源。

5. 重视矿产资源和环境的保护：随着矿产资源开发规模的日益增大，开发地区的日益广泛，开发强度的日益提高，加上过去对矿产资源的掠夺式开采，一方面造成矿产资源开发过程中的严重破坏和资源量的大量消耗，影响着矿产资源开发工作的综合经济效益；另一方面，又破坏了大自然的生态平衡，引起自然灾害的发生和人类生存环境的污染，并已达到破坏人类正常生活的程度。例如有的矿山采富弃贫，或不按客观采矿规律开采，或采矿方法不当使矿产的回采率仅达50%，或1/3。有的则把大量伴生、共生矿产弃而不用。这一方面影响了矿产资源的经济效益，造成大量的浪费，另一方面又污染了环境。矿山排出的尾矿尾水，污染农田庄稼，影响人们健康；污染河流，使鱼类死绝；破坏森林植被，水土流失，自然灾害频繁；有的矿山造成水断地陷……。因此，在资源危机和环境污染威胁人类生存和发展的今天，许多国家已把保护资源和保护环境作为开发矿产资源的前提条件，并制定了专门的保护环境和保护矿产资源的条例和法律。

## 二、矿产资源开发利用的趋势

人类社会的发展与进步，社会的文明程度与发展水平，都是建立在大量消耗矿产资源的基础上来实现的。随着科技水平的不断提高，人们对矿产资源的需求量将日益增长，对所需要的矿物原料的品种将逐渐增多，环境保护对开发矿产资源的要求也日益严格。因此，今后矿产资源的开发利用，将具有以下趋势：

1. 规模巨大的低品位矿床将成为主要开发对象：随着社会经济的发展，世界对矿产资源的需求量急剧增加，例如美国从1776年至1975年的200年中，人均需求量增长了三十倍。但是，

随着科学技术的进步发达，世界开发矿产资源的能力也不断增强，采选的成本也不断下降。因此开发利用低品位矿床，就可使矿产储量有巨大的增加，从而满足社会的需要。例如铜矿，在古代主要开采含量高达百分十几的铜矿石，二十世纪初为百分之几，到二十世纪70年代已降到0.6%，二十世纪末由0.5~0.4%降至0.25%。目前美国对巨型铜矿床采用堆浸法炼铜，所用矿石品位已降至0.2%。又如，由于大型自动化采掘设备的发展，药剂和生物选冶技术的进步，已使低品位的前寒武纪沉积变质铁矿、斑岩铜矿、红土型镍矿和卡林型金矿得到了利用。因此低品位矿石的利用，将具有发展前景。

2. 海洋将成为未来资源的重要来源：海洋占地球面积的70%，海洋中蕴藏着无穷无尽的矿产资源。在海水中赋存着食盐、重水、铀、Li、V、Sr、Mg、钾盐等；在海底表面有Zr、Ti、Sn、金刚石、独居石、铁砂等海滨砂矿床，在海底深部有石油、天然气、煤、Fe、Cu、Zn、Pb、温水以及锰结核（含Mn、Co、Cu以及V、Mo、Zn、Fe）。据介绍，在 $1.5 \times 10^{18}$ 吨的海水中，含U为 $40 \times 10^8$ 吨，为陆地估算总量的2667倍（陆地为150万吨）；海洋中的石油已成为世界石油的主要来源。深海锰结核仅在太平洋公海水深5000m处赋存量估计就达1700亿吨。现在，美、日、俄、西欧等国数十家公司均投入了资金和人力，开展锰结核资源的调查、采矿和选冶。由于锰结核疏松多孔，冶炼加工容易，比起目前从陆地矿石中提取Mn、Cu、Pb、Zn、Co、Ni等元素可节省50%的能源，同时还不污染空气。

3. 替代资源将获得迅速发展：随着人类社会对矿产资源需求量的大幅度增加，目前正在使用的矿产资源由于资源量有限而不能满足需要，甚至总有一天会枯竭殆尽，或因有更经济更合理的资源被发现而替代现有资源，或因现有金属资源的价格上涨促使使用部门不断探索新的替代资源。例如能源，随着世界石油资源的日渐枯竭，人们一方面积极开发煤炭资源，另一方面又大力开发原子能、水力、太阳能、风能、潮汐能、闪电等资源来代替石油资源。又如炼铁用的能源，最先用木炭，后来改为焦炭，再后就是吹入重油十焦炭，今后有可能用原子能和其它还原剂来炼铁。铜是优良的导电材料，但铜资源有限，价格也贵。后来改用资源量大、又便宜的铝代替铜，今后将会用光导纤维取代Cu、Al。另外，还有大量人造物质，如人造水晶、人造宝石、人造金刚石、人造云母、人工合成塑料（替代钢铁制品）。

4. 矿产资源的开发利用程度将不断提高：在古代，人类只能利用几种简单的现成石料和金属，现在则已能开发利用150多种矿产资源。过去只能开发一些现成的自然矿物原料，现在已能开发利用复杂的混合物质资源。过去只能采取一些天然矿物和高品位金属作直接冶炼，现在可通过选、冶等手段利用各种低品位矿石。过去只能从矿床中提取少数几种或一种矿物资源，现在有的可达十几种或几十种。总之，随着社会需要的不断增加，科学技术的不断进步，人们对矿产资源的开发利用程度，不论在广度上还是在深度上均有很大提高。同时在今后资源的开发利用中，将不断提高矿产资源的利用率和回采率，不断降低开采过程中的损失率，不断减少开采过程中的破坏率，不断提高选矿过程中的回收率，综合利用各种矿产资源，向“无废料选矿”方向发展。

同时，由于世界性土地资源的日益减少，自然环境的污染和生态平衡的破坏日趋严重，使人们将在开发利用矿产资源过程中产生的废渣、废水、废气，作为再生资源回收利用，向“零排放”方向发展。

5. 矿产资源的运送方式将有很大改变：由于矿产资源的分布具有很大的不平衡性，而人们对于矿产资源的需求量又将不断增大，特别是煤、铁、石油等一些基本资源，运输量更大。在目前全世界处于开放式经济的条件下，今后对矿产资源的运输问题，必将对其开发利用产生很大影响。如对煤、铁等基本矿产资源的开发在本国范围内如果没有铁路和轮船，要想大

规模开发是不可能的。若要与外国进行交流，则必须具备海运能力。而不同吨级的船，其单位矿石的运费相差甚大，2-4万吨级船的运费即为10万吨级船的2-3倍。如从澳大利亚运送铁矿石至上海港口，若用10万吨级船，则运费还不到离岸价的50%；若采用20万吨级船，运费仅占很少份额。由此可见运输对矿产资源的开发影响很大。目前日本已建成26万吨级大船，而运油船则达30万吨级。

### 第三节 矿产资源的国际市场

在当今世界，由于矿产资源对世界各国的社会经济具有举足轻重的特殊影响，因此世界各国政府都非常重视矿产资源的供应与需求。矿产资源供求政策的制订，常常是许多国家政府的一项战略措施，而许多国家工业化建设的布局与发展，更是建立在矿产资源的供求关系的基础之上的。在经济学中，矿产品是作为资本商品（Capital Goods）来加以利用和管理的。这样，就要做到使这些矿产商品能在一定的地方进行流通交换。这些进行商品交易的场所，也就是所谓的商品市场，即为进行各种矿物原料和矿产品的交易场所。

#### 一、矿产资源国际市场的分类

在矿产资源的国际市场上，矿产市场的种类大致可以分为两类。

##### （一）矿产资源市场

又有两种情况：

1. 技术资料：专门的地质勘探部门，其所拥有的已经找到、或已经探明的矿产资源的有关技术资料，均可以通过矿产资源市场将其出售给有关的开发部门或以股权的形式与矿业公司合作开发矿产资源。

2. 矿产资源：专门从事勘探、采矿的公司，对一些已探明其储量而因某种原因尚不能自行开采的矿产资源，经矿产资源市场卖给其他公司开采。

##### （二）矿产品市场

这是矿产市场的主体，这些市场往往又根据矿产品的种类的不同再进行细分。

1. 金属矿产品市场：包括Fe、Mn、Cr、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Bi、Al、Sb、Hg、Ni、稀有金属、稀土等金属矿产品。这些矿产品有时也可以形成单独的单矿种市场，也可以参加到总矿产品市场、其他综合交易市场中去交换。

2. 能源矿产品市场：主要为石油、天然气、煤炭以及核燃料。这些能源矿产品大多能形成独立的自成一统的单矿种市场，如世界石油市场的“OPEC”（欧佩克）集团就几乎垄断了整个石油的出口市场。

3. 化工和轻工矿产原料市场：包括S、P、K、食盐、碱、明矾石、芒硝、硼矿、镁盐等矿产品，其中一些主要矿产品及其加工、深加工产品也常形成独立的单矿种市场，但大多数化工、轻工矿产品是在统一的化工原料公司或化工商店中进行交换。

4. 非金属建筑材料市场：大理石、花岗石等建筑石料、石英砂、长石、石灰石、石墨、石膏、珍珠岩、膨润土、硅藻土、砾石、细砂、粘土、石棉等非金属建筑材料等原料矿产，构成一个庞大的建材市场。

5. 冶金辅助原料矿产品市场：萤石、菱镁矿、耐火粘土、高铝矿物原料、白云岩、石灰

岩、硅石和造型用砂和粘土，这些矿产品可单独构成独立市场，也可以与金属矿产市场组成统一的冶金原料市场。

6. 其他矿产品市场：如宝石、玉石、彩石、玛瑙、水晶等特种非金属矿物原料，大多都为珠宝市场中的矿产品。

由于矿产种类繁多，用途各异，而且又不断有新的矿种、新的用途被发现，参加矿产品市场交换的形式多样，以上也只能是个粗略的分类。

## 二、矿产资源国际市场的特点

世界矿产品市场与其他商品市场相比，由于其地质勘探与开发利用的特点，造成矿产品市场有一些有别于其他市场的特点：

1. 供应特点：由于找矿勘探和开发工作的探索性和长期性，以及生产能力弹性系数小等性质，世界矿产品市场的供应具有以下明显特点：其短期供应能力受制于矿山和选厂的生产设计能力，中期供应能力则又受制于新建和扩建矿山和选厂的生产设计能力，长期供应能力又大多受到新矿床的发现、勘查和加工技术水平的提高。

2. 从矿产的需求看，除要适应一般市场经济规律外，其消费量又取决于在某个特定时期内实际用于最终产品的数量，在一定程度上是总经济趋势的函数。在作需求预测时还应考虑未来代用原料和新技术开发所带来的影响。

3. 从经营特点和购买方式来看，因矿产开发的长期性、销售对象的专一性，而其买方又大多为冶炼厂、制造商和大型企业集团，这就形成矿产品市场多以长期贸易活动为主、现货交易为次的市场经营和购买方式。

4. 矿产品的价格。一般受到资源本身的自然丰度、资源开发过程中的采、选冶技术水平和外部开发条件的影响和制约。由于矿产资源开发成本高低的不一样，造成市场需求及产品价格的难以预测，因此矿产资源价格一般采用供销双方协定价的形式交易。这又要区分现货交易和长期定货的期货交易，其价格的制定原理和依据各不相同。

我国由于长期采用计划经济模式，国内矿产品市场不甚发育。矿山多数属于冶炼加工企业，自己采、自己炼，不存在市场交易的问题，这时矿山在这个冶炼企业里起到一个生产车间的作用。而对于一些无矿山的企业，所需矿产品也大多按计划进行调拨。那时进入市场的矿产品，只是一些为量不多的地方群采矿山的产品。总的说来，我国的矿产资源市场，还未建立起一个完整的发达的体系。

在商品经济的活动中，市场起着连接生产与消费的纽带作用。商品通过市场把生产者和消费者联系起来，形成销售与购买的关系。同时通过市场作用，又把各个互不相关的企业活动联成一个有机的整体，使他们的社会经济活动形成一个既有分工又有合作的合理的社会商品生产交换集团。矿产品通过市场交易，就能合理地确定矿产品的需求、供应与价格，保证矿产品生产的顺利进行，从而达到优化劳动要素，促进生产力提高的目的。矿产市场的建立，同样能够达到优化地质勘探、合理开发矿产资源和保证矿产品供应的目的，以促进社会经济的发展。因此，在与世界各国相比，我国在矿产资源的市場功能建设方面，还有很多工作要做。

## 三、国际矿产资源市场营运过程中必须注意的几个问题

1. 正确认识矿产市场不断开拓的必要性。矿产品的市场一般是比较狭窄的，其服务对象

不象一般生活用品那样广泛。而且，随着科技水平的不断提高，世界各国对矿产资源的查定能力、开采水平和回收效率，都在不断地更新，同时也会发现新的替代产品。因此矿产资源市场决不可能一成不变。应以市场为中心，积极开发新产品，开拓新市场，在需要、经济和技术三者之间，积极开拓市场。

2. 积极作好矿产市场的调查与预测。矿山企业一般位于山区，对市场的变化了解不够及时，这就应该收集、整理和分析各种矿产品市场的销售情报资料，以寻找销售机会，预测潜在的销售量，改进营销策略，开拓矿产品市场，进行世界矿产市场的分析调查。

3. 寻找促进矿产销售的策略。主要策略有4个方面的内容，即沟通信息，引导和增加需求，突出商品的优点，巩固和扩大市场占有率。

4. 积极参与市场竞争：竞争是存在于市场经济活动中的普遍规律，只要存在着商品生产和商品流通，只要商品通过市场机制进行交换，竞争就必须存在。矿产市场的竞争内容与手段与一般的市场竞争相同，必须以自己的产品质量优、产品品种新、交货速度快、服务质量好、产品价格低来取胜。同时，还应做好综合开发、合理利用资源、积极开发新产品，来降低成本，扩大销售，提高效益。

## 第二章 世界矿产资源的时空分布

### 第一节 全球成矿时期及其重要矿产

全球矿产资源的形成是地球历史发展的一部分，按照地表历史的发展规律可将世界矿产资源的形成时期划分为四大时期，即前古生代（延续时间29亿年），古生代（延续时间3.45亿年），中生代（延续时间1.55亿年），新生代（延续时间0.7亿年）。

#### 一、前古生代成矿期

前古生代持续时间最长，达29亿年。前古生代这个漫长的地质演变历史，其最大的特点是海洋环境在地球表面占绝对优势，构造活动频繁，伴随强烈的褶皱作用、火山活动、岩浆侵入和变质作用。这些历史特点决定了该时期全球成矿作用的性质：

1. 含铁石英岩型铁矿：这类铁矿占全世界铁矿总储量的60%，其成因是由于岩石的溶解以及火山活动，提供了大量的Mn、Fe 物质，在当时全球海洋广布的条件下，海水中含盐度不大，Fe、Si等可以形成稳定的胶状物质，在远距海岸的条件下形成矿床。著名的实例有北美地区的“苏必利尔湖式铁矿”（Superior Lake），北欧瑞典基鲁纳铁矿，西澳大利亚铁矿，我国鞍山式铁矿（包括冀东迁西、迁安）。

2. 金矿床：占全世界金矿总储量的2/3以上。其中，尤以南非最甚，其金矿储量和产量均占全球总储量和总产量的一半以上。南非金矿主要集中在维特瓦特斯兰德含金盆地（Witwatersrand）的太古代地层中，称“太古代维特瓦特斯兰德型变砾岩金矿”。另外，太古代绿岩带中的脉状和层状金矿床，也是重要的金矿类型。重要实例有美国产于元古代地层中的霍姆斯塔克金矿，加拿大太古代地层中的变质热液金矿，西澳大利亚太古代绿岩带的变质热液型含金石英脉。我国山东招远，河北遵化，青龙等地的蚀变岩型、石英脉型金矿床属于这一类。

3. 其他固体矿产：前古生代海水中重碳酸盐 $\text{HCO}_3^-$ 含量高，溶有大量 $\text{MgCO}_3$ ，故前古生代后期形成较多的白云岩，这时代表正常的海相沉积物，而古生代后的白云岩则代表非正常海如咸化海等。我国辽宁大石桥下元古界辽河群中的菱镁矿闻名于世。在下元古界变质岩中还有磷矿床（“东海式”），如我国苏北东海锦屏山、皖北大别山等地磷矿床。前古生代地层中还有一定比例的Cu、Ni、Co、Pt、Pb、Zn，其中Cu、Pb、Zn、Ni分别占全球总储量的1/3-1/4。著名的南非阿扎尼亚铬铁矿、铀矿以及加拿大的铀矿也产于这个时期古老的变质岩中。

由于长时期的地质风化夷平作用和深度变质作用，目前所发现的前古生代矿床仅是被保存下来的一部分。

#### 二、古生代成矿期

古生代持续时间达3.45亿年。古生代又分为早古生代（包括寒武纪，奥陶纪和志留纪）和晚古生代（泥盆纪、石炭纪和二叠纪）两个时间阶段。

1. 早古生代：地壳发展具有两个重要特点，①海洋仍占优势，此时仍继续了前古生代全

球海洋占统治的格局。但在前古生代末期，地球上出现多处古陆，古陆之间为海槽。进入早古生代以后，海槽继续包围着古陆。②海槽褶皱：尤其是志留纪末的强烈褶皱，即加里东运动，形成蒙古海槽、阿巴拉契亚海槽、塔斯马尼亚海槽等。这样，全球海槽面积缩小、陆地面积扩大。全球的这种变化，决定了与沉积作用有关的矿产如Fe、Al、P、石膏、石灰岩等显得十分重要，与地壳强烈拗陷及火山喷发作用有关的Fe、Cu也很重要。

2. 晚古生代：两个特点，①海槽隆起，尤其是石炭纪—二叠纪的海槽褶皱隆起。②南方冈瓦那古陆解体，海水侵入印非之间。至海西构造阶段，大地构造的基本格架是南北两大地台和两大海槽直至古生代末，只剩下横亘南北地台之间的古地中海海槽。晚古生代形成了与沉积作用有关的煤、Fe、Mn、Al等，与岩浆活动有关的W、Sn、Sb、Cu、Pb、Zn、Fe等。

综上所述，整个古生代成矿期全世界形成了与沉积作用、火山作用和热液作用有关的一系列矿床：由北方地台广阔的陆地沼泽中树木繁生形成的大煤田（石炭纪和二叠纪），铅锌矿床（其储量均占全球的1/2以上），钨锡矿床，沉积型铝土矿、锰矿、铁矿，斑岩型铜钼矿床；晚古生代锑矿床。

### 三、中生代成矿期

中生代持续时间达1.55亿年（三叠纪、侏罗纪和白垩纪），在这个时期发生了中生代全球性构造运动，即“旧阿尔卑斯运动”。其特点是：

1. 两大海槽中，古地中海海槽相对变化较少，而环太平洋海槽内带强烈褶皱，从侏罗纪—白垩纪，形成了宽阔的褶皱山脉，如北美的科迪勒拉山脉和亚洲西伯利亚东部各山脉等。海槽外推，形成外带的北美海岸海槽、亚洲东部的日本、我国台湾、菲律宾、印尼、新西兰海槽等。

2. 地台普遍受到中生代地壳运动的影响，形成巨大的断裂和大规模火山喷发，如著名的东非大断裂纵贯非洲东部，印度德干高原玄武岩的喷发。

3. 冈瓦那地台海浸扩大，地台被分割成南美、印度、非洲、澳洲等几个陆块，终于在中生代末期彻底解体，形成今天的大致全球格局。

中生代地壳的激烈变动，使其形成的全球矿产具有明显的特点：

煤、石油、天然气和油岩、盐类矿产，价值最大；W、Sn、Sb成矿最高峰时期，储量均占全世界总量的一半以上；与基性—超基性岩浆岩有关的Cu、Ni矿床是继前寒武纪之后的又一重要成矿期；Ni、Mo、Cu、Pb、Zn、Al、Hg、Au等分布广泛，风化红土镍矿、钴矿，及斑岩Cu、Mo矿床明显增多。

### 四、新生代成矿期

新生代持续时间为0.7亿年，为全球地史的最近一个时期，地壳运动称“新阿尔卑斯运动”（又称“喜马拉雅运动”），其特点是：①整个古地中海先后发生强烈褶皱，出现横贯地球的东西向山脉，如阿特拉斯山、比利牛斯山、阿尔卑斯山、喀尔巴阡山、高加索山、喜马拉雅山等世界上最年轻的褶皱山系，这些山脉至今仍保持高峻雄伟的面貌，致使古地中海解体、缩小。②环太平洋外带褶皱上升，形成北美海岸山脉、南美的安第斯山、西伯利亚的堪察加半岛，日本、台湾、菲律宾、印尼、新西兰等岛屿山脉等，同时形成相对应的拗陷盆地。深大断裂伴随玄武岩喷发，如东非大断裂继续发展，新形成莱茵地堑等。

新生代地壳运动的多样性，决定了成矿作用的多样性：

外生矿床：有石油、油页岩、煤、铝土矿、石膏、风化型矿床（镍、稀土）、砂矿床。

内生矿床：有铜、铅、锌、汞、锑等矿床。

此时的铝、镍、铜、钼、汞、锑、锡（砂矿）等的储量近于或大于全球总量的1/2，尤其是Al、Mo占绝对优势。Au占1/4，仅次于前寒武纪。未见有伟晶岩和伟晶岩矿床的形成。

## 第二节 全球成矿的地理分布特点—成矿分布系统

无论从事矿产资源理论研究，还是进行全球矿产资源勘查、开发的实际工作，都需要充分了解全球性成矿现象，建立成矿系统概念，了解全世界成矿的系统分布。下面按照全球地壳运动各阶段形成的槽台大地构造系统，对遍及全世界的矿产资源，作成矿系统-矿产集中区及其矿产组合的介绍。

### 一、地台区成矿系统

#### （一）非洲阿拉伯地台成矿系统

1. 利比里亚成矿区：有金刚石、Fe、Mn、Au矿床组合。其中利比里亚金刚石储量占世界第16位。

2. 南非-罗德西亚成矿区：有金刚石-萤石-Ti-V-Cr-Fe-Mn-Co-Zn-Sb-Pt-Au-V矿床组合。南非金刚石保有储量占世界第5位，南非已开采的著名金刚石原生矿矿山就有10处，其中最著名的有普列米尔岩管和芬什岩管。南非的一系列超大型金、铀矿床储量十分巨大，德兰士瓦省东北部的帕拉博拉岩浆型铜矿床，伴生的金矿即为特大型。前述的南非奥兰治自由邦和德兰士瓦省的“维特瓦特斯兰德地区”变质砾岩型硫化物金铀矿床举世闻名，南非也是世界铀矿资源丰富的国家之一。

3. 坦桑尼亚—赞比亚—扎伊尔成矿区：有金刚石-Co-Cu-Nb-Sn-U矿床组合。扎伊尔金刚石保有储量占世界第三位；坦桑尼亚卢罗赫姆碳酸岩中的Nb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>储量十分巨大；赞比亚有一批全世界著名的超大型铜矿床。

4. 红海成矿区：Cu、Pb、Zn、Mo、Sn矿床组合，红海两岸有一系列中、小型Cu、Pb、Zn、Sn、Mo矿床，及现代红海形成的金属软泥，估计是正在形成中的成矿区。

#### （二）南美地台成矿系统

1. 巴西米纳斯吉拉斯—巴拉那州成矿区：金刚石-Be-P-Ti-Fe-Mn-Au矿床组合。

2. 巴西卡拉贾斯（巴拉州亚马逊地区）成矿区：Mn-Fe-Cu-Au矿床组合，处于巴西地盾西北部。

3. 哥伦比亚—圭亚那成矿区：P-Fe-Cu-Sn-Nb-Au矿床组合，除大型Fe、Mn矿床外，还有皮迁加大型砂锡矿床和塞斯拉戈斯大型铌矿床（碳酸岩型）。

4. 玻利维亚木通—巴西乌鲁空成矿区：Fe-Mn矿床组合。

#### （三）北美地台成矿系统

1. 加拿大安大略成矿区：Fe-Ni-Cu-Pb-Pt-Au-U矿床组合，其中肖德贝里岩浆型硫化物矿床是世界最大的铜镍硫化物矿床。

2. 加拿大大奴湖成矿区：Be-Pb-Zn-Nb-Ta-Au矿床组合。西北的哈基特河火山岩型硫化物